

УДК 631.347.3

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120

**Ю. Ф. Снопич, А. А. Чураев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг,  
В. М. Филимонова**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЛЕКТОРНОЙ НАСАДКИ**

Целью исследований являлось теоретическое и экспериментальное обоснование параметров дефлекторной насадки, отвечающей экологическим требованиям, благоприятным для полива сельскохозяйственных растений. Изученная теоретическая информация показывает, что существует взаимосвязь между размерами капель искусственного дождя, его интенсивностью и эрозией орошаемых почв. Выявлено влияние размеров капель дождя на допустимую интенсивность, потери воды на испарение, затраты энергии для образования капель и другие показатели. Определена средняя интенсивность дождя известных дождевальных машин, используемых в нашей стране, которая составляет 1,0–3,0 мм/мин. Выявлена тенденция в изменениях конструкций дождевальных машин и дождеобразующих устройств, которая направлена на повышение качества искусственного дождя и уменьшение его негативных факторов. По агротехническим требованиям до 90 % капель искусственного дождя должны быть диаметром не более 2 мм. С учетом указанных требований разработана дефлекторная насадка. Результаты полевых исследований новой дождевальной машины с использованием комплектов дождеобразующих устройств (новых дефлекторных насадок и струйных аппаратов) следующие: по усредненным показателям диаметры капель дождя в начале водопроводящего трубопровода опытного образца составили: дефлекторная насадка – 0,8–1,0 мм, струйный аппарат – 1,2–1,5 мм, в середине опытного образца – соответственно 1,0–1,3, 1,5–1,9 мм и в конце опытного образца 1,3–1,5, 1,9–2,1 мм. Средняя интенсивность дождя при поливе дефлекторной насадкой составила 1,23 мм/мин, что отвечает агроэкологическим требованиям к качеству дождя, однако требуется проведение дальнейших исследований изменения интенсивности дождя по всей длине водопроводящего пояса дождевальной машины в зависимости от увеличения крупности капель от первого до последнего дождеобразующего устройства.

Ключевые слова: орошение, искусственный дождь, интенсивность дождя, диаметр капель, эрозия, дождеобразующие устройства, агротехнические требования.

**Yu. F. Snipich, A. A. Churaev, L. V. Yuchenko, M. V. Vainberg,  
V. M. Filimonova**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

## **THEORETICAL AND EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF DEFLECTOR-CAP PARAMETERS**

The aim of the research was the theoretical and experimental substantiation of the deflector cap parameters that meets environmental requirements, favourable for irrigation of agricultural crops. The studied theoretical information shows that there is a relationship between

the size of artificial rain droplets, its intensity and the erosion of irrigated soils. The influence of the raindrops size on the permissible intensity, evaporation loss, energy cost for drop formation and other indicators have been found. The average rain intensity of the known sprinkling machines used in our country which is 1.0–3.0 mm/min was determined. The tendency in design changes of sprinkling machines and rain-forming apparatus aimed at improving the artificial rain quality and its negative factors reduction has been determined. According to agrotechnical requirements, up to 90 % of artificial raindrops should be no more than 2 mm in diameter. A deflector cap has been developed according to these requirements. The results of field studies of a new sprinkler using sets of rain-forming devices (new deflector caps and jet apparatus) are as follows: the diameters of raindrops at the beginning of water supply pipe of the prototype by average rate were: deflector cap – 0.8–1.0 mm, jet apparatus – 1.2–1.5 mm, in the middle of the prototype – 1.0–1.3, 1.5–1.9 mm, respectively, and at the end of the prototype 1.3–1.5, 1.9–2.1 mm. The average rain intensity during irrigation with a deflector cap was 1.23 mm/min, which meets the agro-ecological requirements for the quality of rain, but further research of rain intensity changes along the entire length of the water-supply belt of the sprinkler depending on the droplet size device from the first till the last rain-forming apparatus is needed.

Key words: irrigation, artificial rain, rain intensity, droplet diameter, erosion, rain-forming apparatus, agrotechnical requirements.

**Введение.** Основная задача сельхозпроизводителей – бережное отношение к земле и ее рациональное использование как основного средства производства. При орошении сельхозугодий есть опасность возникновения ирригационной эрозии почв в результате капельно-дождевого воздействия. Капельно-дождевая эрозия, в соответствии с определением Ц. Е. Мирцхулавы [1], проявляется в разрушении почвенных агрегатов ударами капель дождя и их разбрасывании (разбрызгивании). По мнению ученого, дождевая эрозия зависит от размера капель искусственного дождя и типов почв, что немаловажно и необходимо знать специалистам сельского хозяйства. Падающие капли обладают большой энергией и скоростью, что является предпосылкой для уплотнения верхнего слоя почвы и образования стока [2].

Еще А. Н. Костяков отмечал особенности гидравлических качеств существующих типов дождевальных аппаратов: «...из разбрызгивающих насадок вода выходит уже непосредственно отдельными каплями, а частью обращается в туман. Небольшая живая сила летящей капли очень быстро поглощается сопротивлением воздуха, поэтому расстояние, которое она пролетает, очень невелико. Увеличения дальности полета струи для применяемых насадок можно достигнуть увеличением самих капель,

но от этого страдает равномерность распределения. Дальность полета отдельных капель при этом выравнивается и на середину площади поступает недостаточно воды, а по краям получается избыток» [3]. Более рациональными он признал мелкоструйные насадки, у которых разбиение струи на капли происходит на некотором определенном расстоянии от насадки. Дальность полета струи в этом случае при аналогично мелком каплеобразовании увеличивается на это расстояние по сравнению с разбрызгивающей насадкой. Место образования капель находится тоже на большой высоте, что в свою очередь благоприятно сказывается на дальности полета. Ввиду малых поперечных размеров насадок, они могут обойтись без успокоителей, так как их небольшие диаметры препятствуют образованию поперечных токов и, таким образом, мелкоструйные насадки при достаточной длине могут сами служить успокоителями. Для искусственного дождевания может служить только такая струя, которая в воздухе дробится на капли. Как уже сказано, дробление усиливается по мере повышения давления, причем в то же время отношение дальности полета к давлению в насадке уменьшается.

По А. П. Исаеву, «масса капель искусственного дождя однозначно определяется их диаметром. Для определения динамического воздействия капель, совершаемого при соударении с почвой, необходимо знать их энергию, которая может быть определена тогда, когда известна скорость падения капель. В отличие от естественного, капли искусственного дождя при одинаковых диаметрах могут иметь разные скорости падения, и их динамическое воздействие также окажется различным, что позволило получить зависимость постоянной впитывания, от критерия силы удара капель» [4]. Выведенная зависимость «постоянной впитывания от силы удара капель»  $C$ , мм/мин, характеризуется формулой:

$$C = \frac{C_{1,5} \sqrt{S_{K1,5}}}{\sqrt{S_K}},$$

где  $C_{1,5}$  – постоянная выпитывания для естественного дождя с диаметром капель 1,5 мм, мм/мин;

$S_{к1,5}$ ,  $S_{к}$  – соответственно критерии силы удара капель естественного и искусственного дождя диаметром 1,5 мм, мкДж.

Изучением влияния размеров капель искусственного дождя при орошении сельхозугодий и характера распределения, а также их взаимосвязи с интенсивностью дождя, поверхностным стоком, инфильтрацией воды в почву занимались ученые К. Т. Дадио, Т. Н. Раджаб, Н. А. Фукусакура и др. По данным их исследований, с увеличением расстояния от центра по радиусу полива дождевального аппарата размер искусственной капли дождя увеличивался. С увеличением высоты падения капель искусственного дождя время образования поверхностного стока уменьшалось [5, 6].

В нашей стране дождевание – наиболее распространенный способ полива для развития и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Современная поливная техника должна стремиться к созданию качественного искусственного дождя [7]. В связи с этим возникла необходимость учета всех факторов влияния на почву искусственного дождя, получаемого при поливе современными дождевальными машинами, а также разработки дождеобразующих устройств, создающих капли дождя, по размерам отвечающие экологическим требованиям.

**Материалы и методы.** Орошение сельскохозяйственных угодий имеет и негативные факторы. «Искусственный дождь, создаваемый современными дождевальными машинами, отличается по качеству от естественных осадков своими высокими энергетическими характеристиками, приводящими в большей степени к разрушению почвенного покрова и образованию поверхностного стока, развитию эрозионных процессов, переувлажнению почв, в конечном итоге приводящих к снижению плодородия орошаемых земель» [8].

Выведенные зависимости дождевой эрозии почв [9, 10] подтвержда-

ют, что сток при искусственном поливе увеличивается с повышением плотности почв и диаметра капель дождя. На основе этих исследований разработаны нормативные документы, включающие агротехнические требования к качеству искусственного дождя дождевальными машинами, требования к программе и методам их испытаний. Известно также, что используемые в нашей стране типы дождевальной техники по-разному влияют на почву при поливе (продолжительность образования луж и стока), а интенсивность создаваемого ими искусственного дождя находится в пределах 1,0–3,0 мм/мин [11].

При орошении сельскохозяйственных угодий дождевальными машинами используются дождевальные насадки с различными диаметрами сопел, которые создают искусственный дождь с определенными размерами капель. При свободном истечении струи в дождевальных аппаратах образуются капли, размеры которых колеблются в широких пределах. При принудительном разрушении струй воды образуются капли значительно меньшего размера, чем при их свободном распаде. Размер капель влияет на допустимую интенсивность дождя, потери воды на испарение, затраты энергии на образование капель и другие показатели. По агротехническим требованиям до 90 % капель должны быть диаметром не более 2 мм [10]. В последнее время во многих научных работах для определения нормы полива учитывают не только фактическую интенсивность искусственного дождя на орошаемом участке поля, но и технологические особенности выполнения полива машиной. Таким образом, учитываются конструктивные особенности дождевальных машин и их эрозионное воздействие [12].

Чтобы не допустить возникновения дождевой эрозии при поливе на незасоленных и промытых почвах, существуют некоторые строгие ограничения. Полив применяется при УГВ на орошаемом участке не менее 2,5 м. Норма полива не должна превышать 600 м<sup>3</sup>/га при допустимой нормативами скорости ветра. Средняя интенсивность искусственного дождя

не должна превышать скорости впитывания воды в почву. Соблюдение этих ограничений является основным условием полива дождеванием без образования поверхностного стока и смыва почвы [13].

Исходя из механического состава почвогрунтов, определена допустимая для них интенсивность искусственного дождя. Так, для тяжелых почвогрунтов она составляет 0,1–0,2 мм/мин, для средних – 0,2–0,3 мм/мин, для легких – 0,3–0,8 мм/мин [14].

В нашей стране применяется дождевальная техника практически всех видов, известных в мировой практике. Наибольшее развитие получили широкозахватные многоопорные дождевальные машины и автоматизированные дальнеструйные шланговые машины для орошения полосами. Одним из показателей искусственного дождя является средний (средневзвешенный или среднекубический) диаметр капель. Исходя из агротехнических требований, для открытого почвенного покрова (зяби, паров, свежеспаханного поля) и для растений наиболее приемлем низкоинтенсивный дождь с дождевыми каплями размером 0,4–0,9 мм. Отмечено также, что не все дождевальные машины соответствуют указанным параметрам по среднему диаметру капель дождя [15]. В таблице 1 приведены: наименование дождевальной техники, расход воды  $Q$ , л/с, напор воды на гидранте  $H$ , МПа, средняя интенсивность дождя  $I_{ср}$ , мм/мин, и средний диаметр капель воды  $d$ , мм, создаваемый дождевальными аппаратами данных марок дождевальных машин [10].

**Таблица 1 – Технические данные дождевальных машин**

Наименование дождевальной техники	$Q$ , л/с	$H$ , МПа	$I_{ср}$ , мм/мин	$d$ , мм
1	2	3	4	5
ДДН-70	65	0,52	0,4	1,9–2,9
ДДА-100МА	110	0,65	0,65	1,4–2,5
ДДА-130В	120	0,65	0,4–0,6	1,5
ДКШ-64 «Волжанка»	64	0,40	0,244	1,5
ДКН-80	90	0,55	0,31	1,5
ДКГ-80 «Ока»	80	0,50	0,155	1,1
ДШ-10	17	0,78	5,3	1,5
ДДС-30	30	0,80	1,4	1,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
ДФ-120 «Днепр»	120	0,45	0,24–0,28	1,25
ДМУ «Фрегат»	29–90	0,65	0,31	0,5–2,5
«Кубань»	170	0,32	1,1	0,9–1,0
КИ-50 «Радуга»	40,5	0,30	0,29	до 1,5
ДШ-25/300	26–30	0,30	0,17	1,9–2,0
ДДПА-130/140	130–140	0,6	8,3	1,8

Некоторые исследователи рассматривают характер распада струи (для среднеструйных, небольших дальнеструйных аппаратов) на капли в зависимости от отношения  $H/R$  или  $H/d$  (где  $H$  – напор перед соплом, м;  $d$  – диаметр струи, м;  $R$  – дальность полета струи, м). При постоянном отношении  $H/R$ , которому соответствует примерно постоянное отношение  $H/d$ , получается однотипный распад на капли, и чем выше число этих отношений, тем капли получаются мельче. В таблице 2 показан характер распада струи искусственного дождя на капли [16].

**Таблица 2 – Характер распада струи искусственного дождя на капли**

$H/R$	$H/d$	Характеристика струи
0,59	До 900	Сплошная струя без образования капель
0,62–0,72	900–1500	Структура дождя не пригодна для орошения
0,77	1500–1600	Средняя крупность капель пригодна только для орошения лугов и пастбищ
0,83	1700–1800	Мелкая крупность капель пригодна для орошения только взрослых сельскохозяйственных культур
0,91	2000–2200	Мелкая структура капель пригодна для орошения всех сельскохозяйственных культур
1,00	2400–2600	Структура капель пригодна для орошения рассады и приживочных поливов мелкосеменных культур
1,11 и выше	3000 и выше	Применение для орошения нецелесообразно по экономическим показателям

Средний диаметр наиболее крупных капель можно рассчитать с учетом известных конструктивно-технологических параметров дождевального аппарата [9]:

$$d_k = K \sqrt{\frac{d_c}{v_o}},$$

где  $d_k$  – диаметр капель, мм;

$K$  – эмпирический коэффициент,  $K = 25,5$ ;

$d_c$  – диаметр струи воды, мм;

$v_0$  – скорость истечения воды из сопла, м/с.

Средний диаметр основной массы получаемых капель примерно в 2 раза меньше рассчитанного по формуле.

**Результаты и обсуждение.** Учитывая анализ научно-технических материалов и практический опыт, в ФГБНУ «РосНИИПМ» совместно с ЗАО «МЫС» Калужской области разработали конструкцию новой широкозахватной дождевальной машины кругового действия, использующей для полива новые образцы дефлекторных насадок. Ранее использовавшиеся дождеобразующие устройства, в т. ч. аппараты и насадки, не отвечают технологическим параметрам работы новой дождевальной машины. Импортные насадки и распылители отличаются сложным устройством и повышенной стоимостью, так как необходимо еще изготовление переходных присоединительных элементов. При разработке новой дождевальной машины и дождевальных насадок необходимо было учесть требования к качеству искусственного дождя, который в меньшей мере отличался от природных осадков и привел бы к снижению ирригационной эрозии почв, соответствовал всем экономическим и экологическим требованиям. Конструкционные особенности новой разработанной дефлекторной насадки (патент РФ 2385192) заключаются в применении дефлектора в виде вогнутой поверхности второго порядка, описанной формулой в патенте [17]. Другой особенностью данной насадки является унифицированный присоединительный узел, позволяющий использовать насадку не только на новой дождевальной машине, но и для модернизации эксплуатирующихся дождевальных машин старого поколения. Данная дефлекторная дождевальная насадка позволяет получать искусственный дождь различной структуры, в т. ч. и мелкодисперсный. При давлении перед насадкой 0,35 МПа и выше на выходе из насадки образуется водяная пленка, позволяющая получать искусственный дождь со среднеобъемным диаметром



капель около 0,4 мм. Такой дождь позволяет избежать образования поверхностного стока и, как правило, появления поверхностной корки.

Определение показателей качества работы испытываемых дождеобразующих устройств проводилось на опытном образце широкозахватной дождевальной машины новой конструкции в полевых условиях. При испытании были использованы: комплект новых дефлекторных насадок секторного действия и комплект струйных аппаратов (рисунки 1, 2).



**Рисунок 1 – Дефлекторные насадки секторного действия  
(фото Ю. Ф. Снопича)**



**Рисунок 2 – Струйные дождевальные аппараты  
(фото Ю. Ф. Снопича)**

Для обоснования номенклатуры агротехнических показателей предлагаемых к испытанию дождеобразующих устройств использовались СТО АИСТ 11.1-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» [18] и РД 10.11.1-89 «Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытания» [19]. Схема расстановки дождемеров определена как радиальная, с расстоянием между дождемерами 3,5 м (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Схема расстановки дождемеров  
(фото Ю. Ф. Снопича)**

При проведении испытаний погодноклиматические условия были следующими. Температура воздуха составляла от +31,5 до +39,5 °С, что допускает использование представленных к испытаниям дождеобразующих устройств ( $\leq +45$  °С). Скорость ветра при испытании колебалась от 2,5 до 4,5 м/с, что не противоречит требованиям к дождеванию – не выше 5,0 м/с. Температура воды при испытаниях составляла 17–19 °С, что соответствует требованиям к дождеванию (от +1 до +35 °С). Уклон на участке, где работала широкозахватная машина с установленными для полевых испытаний дождеобразующими устройствами, составил 0,003, что является типичным для использования широкозахватных дождевальных машин.

Машина работала при скорости движения 60 м/ч. Рабочее давление воды на входе в дождевальную машину составило 0,35 МПа, в пролетах – 0,34–0,3 МПа, на консоли – 0,32–2,8 МПа. Расход воды по дождемерам составил 14,9–15 л/с. Расход воды по счетчику составил 15,1–15,3 л/с. Усредненные показатели полученных результатов сведены в таблицу 3.

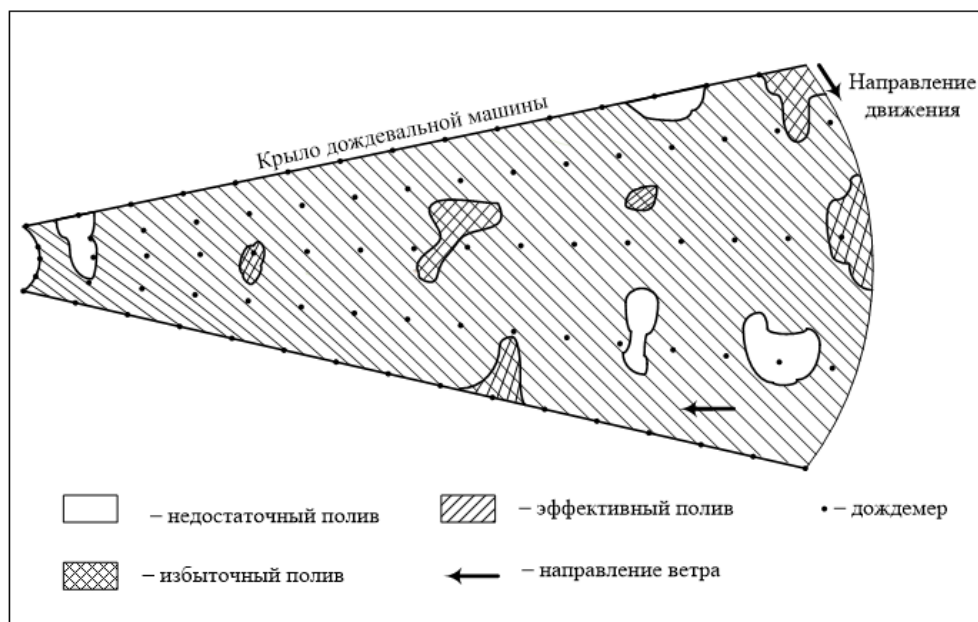
**Таблица 3 – Агротехнические показатели при полевых испытаниях дождеобразующих устройств**

Наименование показателя	Значение показателя	
	Дефлекторная насадка	Струйный аппарат
Рабочая скорость движения, м/ч	60	60
Давление воды, МПа:		
- на входе в дождевальную машину	0,35	0,35
- в пролетах	0,34–0,32	0,32–0,30
- в конце дождевальной машины	0,32–0,31	0,30–0,28
Расход воды, л/с:		
- по дождемерам	14,9	15
- по счетчику	15,1	15,3
Диаметр капли дождя, мм:		
- в начале водопроводящего пояса опытного образца	0,8–1,0	1,2–1,5
- в его середине	1,0–1,3	1,5–1,9
- в его конце	1,3–1,5	1,9–2,1
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	1,23	1,26
Средний слой осадков, мм	1,51	1,55

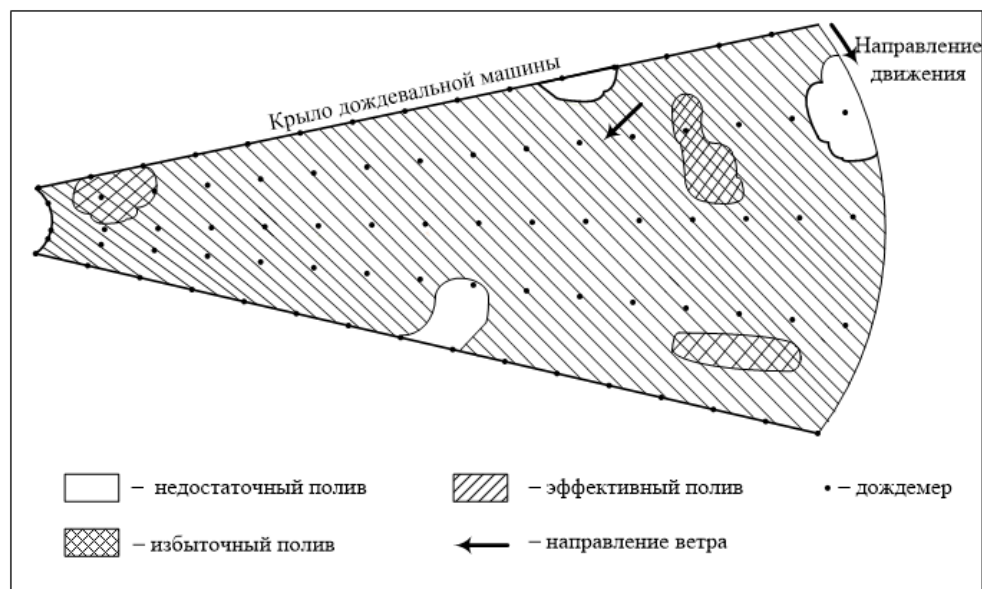
Карты распределения дождя по площади построены по данным об объемах воды (в мм), которая попала при поливе в дождемеры при работе исследуемых дождеобразующих устройств, установленных на опытном образце (рисунки 4, 5).

Анализ карт распределения дождя при поливе показал, что коэффициент эффективного полива составил 0,75, коэффициент недостаточного полива – 0,15, коэффициент избыточного полива – 0,10. Получены следующие усредненные показатели диаметров капель дождя: в начале крыла опытного образца: дефлекторная насадка – 0,8–1,0 мм, струйный аппарат – 1,2–1,5 мм, в середине крыла – соответственно 1,0–1,3, 1,5–1,9 мм, в конце крыла – 1,3–1,5, 1,9–2,1 мм. По диаметру капель дождя представленные к исследованиям комплекты дождеобразующих устройств отвечают агро-

техническим требованиям к орошению почв данного орошаемого участка (не более 2,0 мм) по всей длине водопроводящего пояса дождевальной машины\*.



**Рисунок 4 – Карта распределения дождя при поливе в движении дефлекторными насадками секторного действия**



**Рисунок 5 – Карта распределения дождя при поливе в движении струйными аппаратами**

\* Провести исследования и испытания опытного образца широкозахватной многоопорной дождевальной машины кругового действия вантовой конструкции: отчет о НИОКР (заключ.): 2.2.2 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н., Чураев А. А. – Новочеркасск, 2018. – 139 с. – Исполн.: Щедрин В. Н. [и др.]. – Рег. № НИОКТР АААА-А18-118041990080-7. – Рег. № ИКРБС АААА-Б18-218122090028-8.

**Выводы.** Теоретические исследования научно-технической литературы показывают, что при орошении сельхозугодий есть опасность возникновения капельно-дождевой эрозии, которая в первую очередь зависит от размера капель искусственного дождя и характеристик конкретных почв. Учеными установлена взаимосвязь между размерами капель искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных культур и его интенсивностью, поверхностным стоком, инфильтрацией воды в почву. Искусственный дождь отличается от естественных осадков своими высокими энергетическими характеристиками. Таким образом, возникла необходимость учета влияния на почву искусственного дождя, получаемого при поливе современными дождевальными машинами, а именно необходимость в разработке дождеобразующих устройств, отвечающих экологическим требованиям по размерам капель дождя.

При испытании в полевых условиях новой дождевальной машины (разработанной в ФГБНУ «РосНИИПМ») были использованы комплекты дождеобразующих устройств – новые дефлекторные насадки. Разработанная дефлекторная насадка имеет мелкодисперсный дождь равномерной интенсивности для увлажнения сельскохозяйственных культур без образования стока на орошаемой поверхности.

Результаты опытов в полевых условиях показали, что по диаметру капель дождя представленные для исследований комплекты дождеобразующих устройств отвечают агротехническим требованиям к орошению почв данного орошаемого участка (не более 2,0 мм) по всей длине трубопровода, а также по показателям  $H/d$  агротехнической применимости.

По усредненным показателям диаметры капель дождя следующие: в начале водопроводящего пояса опытного образца: дефлекторная насадка – 0,8–1,0 мм, струйный аппарат – 1,2–1,5 мм, в середине соответственно 1,0–1,3, 1,5–1,9 мм, в конце – 1,3–1,5, 1,9–2,1 мм.

Средняя интенсивность дождя при поливе в опытных условиях со-

ставила 1,23 мм/мин, что отвечает агроэкологическим требованиям к качеству дождя, однако требуется проведение дальнейших исследований изменения интенсивности дождя по всей длине водопроводящего пояса дождевальной машины в зависимости от увеличения крупности капель от первого до последнего дождеобразующего устройства.

### **Список использованных источников**

- 1 Мирцхулава, Ц. Е. Инженерные методы расчетов и прогноза водной эрозии / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1977. – 205 с.
- 2 Битюков, К. К. Величина дождевых капель и их воздействие на почву / К. К. Битюков // Метеорология и гидрология. – 1952. – № 6. – С. 10.
- 3 Дождевание: сб. науч. тр. / под. ред. А. Н. Костякова; Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, ВНИИГиМ. – М.: Сельхозгиз, 1934. – 423 с.
- 4 Исаев, А. П. Гидравлика дождевальных машин / А. П. Исаев. – М.: Машиностроение, 1973. – 214 с.
- 5 Раджаб, Т. Н. Исследование влияния интенсивности дождя на время затопления поверхности почвы / Т. Н. Раджаб // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 2. – С. 12–19.
- 6 Шепелев, А. Е. Применение основных законов дождевания при обосновании конструкции ДМ «ДКФ-1ПК-1» / А. Е. Шепелев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 57–59.
- 7 Губер, К. В. Оценка качества полива дождевальной техники / К. В. Губер // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». – М.: Изд-во ВНИИА, 2014. – С. 28–34.
- 8 Ольгаренко, В. И. Повышение экологической безопасности дождевальной техники / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко // Вопросы мелиорации. – 2000. – № 3–4. – С. 49–54.
- 9 Кузнецова, Е. И. Орошаемое земледелие: учеб. пособие для вузов / Е. И. Кузнецова, Е. Н. Закабунина, Ю. Ф. Снопич. – М.: РГАЗУ, 2015. – 117 с.
- 10 Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Г. В. Ольгаренко [и др.]; под ред. Г. В. Ольгаренко; ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – М.: Росинформротех, 2015. – 264 с.
- 11 Обумахов, Д. Л. Допустимые технологические параметры искусственного дождя при орошении дождеванием сельскохозяйственных угодий / Д. Л. Обумахов, В. Н. Шкура, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1(21). – С. 60–74. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=388&id=393>.
- 12 Исаев, А. П. Оценка технологических возможностей дождевальных машин на основе определения допустимых норм полива / А. П. Исаев // Улучшение эксплуатации оросительных систем и планировка орошаемых земель. – М.: Колос, 1982. – С. 67–78.
- 13 Фокин, Б. П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин / Б. П. Фокин, А. К. Носов. – Ставрополь, 2011. – 80 с.
- 14 Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – Изд. 6-е, испр. и доп. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
- 15 Васильев, С. М. Дождевание: учеб. для вузов / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

16 Лебедев, Б. М. Дождевальные машины: теория и конструкции / Б. М. Лебедев. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.

17 Пат. 2385192 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 05 В 1/18. Насадок дождевального агрегата / Щедрин В. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2008136611/12; заявл. 11.09.08; опубл. 27.03.10, Бюл. № 9. – 3 с.

18 СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. – Взамен СТО АИСТ 11.1-2004; введ. 2011-07-01. – М., 2012. – 54 с.

19 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытания: РД 10.11.1-89: утв. Гос. агропром. ком. СССР 16.12.87: введ. в действие с 01.05.89. – пос. Правдинский (Моск. обл.): АгроНИИ-ИТЭИТО, 1988. – 173 с.

## References

1 Mirtskhulava Ts.E., 1977. *Inzhenernye metody raschetov i prognoza vodnoy erozii* [Engineering Methods for Calculating and Forecasting Water Erosion]. Moscow, Kolos Publ., 205 p. (In Russian).

2 Bityukov K.K., 1952. *Velichina dozhdevykh kapel' i ikh vozdeystvie na pochvu* [The Magnitude of Raindrops and Their Impact on Soil]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 6, pp. 10. (In Russian).

3 Kostyakov A.N., 1934. *Dozhdevanie: sb. nauch. tr.* [Sprinkling: Proceed.]. Acad. Agricultural Sciences named after V.I. Lenin, VNIIGiM. Moscow, Selkhozgiz Publ., 423 p. (In Russian). 1973.

4 Isaev A.P., 1973. *Gidravlika dozhdeval'nykh mashin* [Hydraulics of Sprinkling Machines]. Moscow, Mashine Building Publ., 214 p. (In Russian).

5 Rajab T.N., 1980. *Issledovanie vliyaniya intensivnosti dozhdya na vremya zatopleniya poverkhnosti pochvy* [Study of the effect of rain intensity on the time of flooding of the soil surface]. *Gidrotekhnika i melioraciya* [Hydrotechnics and Land Reclamation], no. 2, pp. 12-19. (In Russian).

6 Shepelev A.E., 2006. *Primenenie osnovnykh zakonov dozhdevaniya pri obosnovanii konstruksii DM «DKF-1PK-1»*. [Application of the basic laws of sprinkling when justifying the construction of “DKF-1PK-1” sprinkler]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 57-59. (In Russian).

7 Guber K.V., 2014. *Otsenka kachestva poliva dozhdeval'noy tekhniki* [Evaluation of the quality of irrigation by sprinklers]. *Kompleksnyye melioratsii – sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zemel': materialy yubileyn. mezhdunar. nauch.-prakt. konf* [Complex Land Reclamation – Means of Increasing the Agricultural Land Productivity: Proceed. of the Jubilee International Scientific-Practical Conf.]. Moscow, VNIIA Publ., pp. 28-34. (In Russian).

8 Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., 2000. *Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti dozhdeval'noy tekhniki* [Enhancing the environmental safety of sprinkling equipment]. *Voprosy melioratsii* [Land Reclamation Issues], no. 3-4, pp. 49-54. (In Russian).

9 Kuznetsova E.I., Zakabunina E.N., Snipich Yu.F., 2015. *Oroshayemoe zemledelie: ucheb. posobiye dlya vuzov* [Irrigated agriculture: textbook for universities]. Moscow, RGAZU, 117 p. (In Russian).

10 Ol'garenko G.V. [et al.], 2015. *Resursosberegayushchie energoeffektivnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva orosheniya: spravochnik* [Resource-saving, energy-efficient, environmentally safe technologies and technical means of irrigation: a reference book]. Moscow, Rosinformagrotekh, 264 p. (In Russian).

11 Obumakhov D.L., Shkura V.N., Churaev A.A., 2016. *Dopustimyye tekhnologicheskie parametry iskusstvennogo dozhdya pri oroshenii dozhdevaniem sel'skokhozyaystvennykh ugodiy*

[Acceptable technological parameters of artificial rain during sprinkling irrigation of agricultural land]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 1(21), pp. 60-74, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=388&id=393>. (In Russian).

12 Isaev A.P., 1982. *Otsenka tekhnologicheskikh vozmozhnostey dozhdeval'nykh mashin na osnove opredeleniya dopustimyykh norm poliva* [Evaluation of the technological capabilities of sprinkling machines based on the definition of acceptable irrigation rates]. *Uluchshenie ekspluatatsii orositel'nykh sistem i planirovka oroshaemykh zemel'* [Improving the Operation of Irrigation Systems and the Design of Irrigated Land]. Moscow, Kolos Publ., pp. 67-78. (In Russian).

13 Fokin B.P., Nosov A.K. 2011. *Sovremennye problemy primeneniya mnogoopornyykh dozhdeval'nykh mashin* [Urgent Problems of Using Multi-support Sprinkler Machines]. Stavropol, 80 p. (In Russian).

14 Kostyakov A.N., 1960. *Osnovy melioratsiy* [Basis of Land Reclamation]. 6<sup>th</sup> ed., rev. and add. Moscow, Selkhozgiz Publ., 621 p. (In Russian).

15 Vasil'ev S.M., Shkura V.N., 2016. *Dozhdevanie: ucheb. dlya vuzov* [Sprinkling: studies for universities]. Novocheerkassk, RosNIIPM, 352 p. (In Russian).

16 Lebedev B.M., 1977. *Dozhdeval'nye mashiny: teoriya i konstruksii* [Sprinkling Machines: Theory and Constructions]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, Mashinebuilding Publ., 244 p. (In Russian).

17 Shchedrin V.N. [et al.], 2010. *Nasadok dozhdeval'nogo agregata* [Sprinkling Machine Cap], Patent RF, no. 2385192. (In Russian).

18 *STO AIST 11.1 2012. Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody otsenki funktsional'nykh pokazateley* [Tests of Agricultural Machinery. Machines and Apparatus. Methods for Assessing Functional Indicators]. Moscow. 54 p. (In Russian).

19 *Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Programma i metody ispytaniya: RD 10.11.1-89* [Tests of Agricultural Machinery. Machines and Sprinkler Apparatus. Program and Test Methods]. Pravdinskij (Mosk. obl.), Agropromstroi, 173 p. (In Russian).

---

### **Снипич Юрий Федорович**

Ученая степень: доктор технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

### **Snipich Yuriy Fedorovich**

Degree: Doctor of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocheerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

### **Чураев Александр Анатольевич**

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: заместитель директора по науке

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»



Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: churaev75@mail.ru

**Churaev Aleksandr Anatolievich**

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Deputy Director of Science

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: churaev75@mail.ru

**Юченко Любовь Васильевна**

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Yuchenko Lyubov' Vasil'evna**

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Вайнберг Мария Владимировна**

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Vaynberg Maria Vladimirovna**

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Филимонова Валерия Михайловна**

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Filimonova Valeriya Mihailovna**

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru